心理科学进展　2018, Vol. 26, No. 5, 872–885
Advances in Psychological Science　DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.00872

最小自我中的施动感*

田昊月　李力红　徐　喆　李　飞　金　丹　安灿翎

(东北师范大学心理学院, 长春 130024)

摘　要　施动感作为最小自我中的重要成分, 指个体通过控制自己的行为对外部世界产生影响的体验。根据所处意识水平的不同, 现有研究中多将施动感区分为无意识层面的施动体验和意识层面的施动判断, 研究者分别通过内隐和外显的不同研究范式探究这两种成分的作用机制及相互联系。比较器模型、浅表性心因理论和整合理论是当前该领域的核心理论, 其中整合理论得到了近年来较多研究的支持。目前的研究在施动感异常及其影响因素方面取得了诸多成果。未来应进一步关注社会情景中施动感的变化、施动感的发展、跨通道的施动感研究, 施动感与拥有感的关系, 以及施动感的脑机制问题。

关键词　施动感; 拥有感; 自我; 运动意向
分类号　B848

1　引言

William James (1890)在其《心理学原理》中将自我视为心理学中“最难解的谜题”, 并将其划分为作为知觉者的“I”和作为知觉对象的“Me”, 表现为“自我觉知的进行感”和“稳定的心理表征” (Hart & Karmel, 1996)。随着精神病学、分子遗传学、神经学、进化论和人工智能等多领域在自我方面研究成果的不断汇聚, 自我的内容与分类得到了进一步的丰富和细化。Gallagher (2000)结合多领域实证研究的证据, 以有无时间延展性为标准将自我划分为叙事自我(Narrative Self)与最小自我(Minimal Self)。叙事自我包括对自己过去的记忆和指向未来的意图, 具有跨时间的一致性、连贯性以及延展性。最小自我是排除了自我的所有非本质特征后, 一种原始的、即时的、作为经验直接主体的自我意识, 不具有时间上的延展性, 包括施动感(Sense of Agency, SoA)和拥有感(Sense of Ownership, SO)。Haggard (2017)在此基础上进一步将施动感明确界定为伴随特定运动出现的作为动作主体的体验。本文探讨的施动感正是基于这一内涵。施动感是人类社会许多重要特征的基础。例如, 在法律上, 刑事责任不仅要求实施者具有施动行为, 而且还要意识到该行为的性质, 即实施者对其动作经验产生了进行施动的体验。施动感的缺失或异常与许多精神疾病密切相关, 是个体患精神疾病的风险因素之一(Frith, Blakemore, & Wolpert, 2000; Lindner, Thier, Kircher, Haarmeier, & Leube, 2005)。目前在施动感的概念构建、内在机制和影响因素等核心问题的探究中取得了诸多进展。本文通过对施动感及相关概念的总结, 对其核心理论与研究范式的梳理和比较, 力图辨析施动感研究的主导观点和争议, 提炼人们在施动感研究中主要关注的领域及其意义, 明确当前研究存在的问题, 并尝试预测未来研究的方向。

2　施动感的内涵

Gallagher 在 2000 年提出“施动感”指个体通过控制自己的行为对外部世界产生影响的体验, 比如“我是移动杯子的人”或者“我是产生想要移动杯子想法的人”的感觉(Gallagher, 2000; Haggard & Chambon, 2012)。与施动感不同, 拥有感指个体是某一经历的体验者的感觉, 例如“我的身体正在移动”的感觉(无论是自主还是非自主

收稿日期: 2017-04-13
* 教育部人文社科项目(10YJAXLXOO9); 教育部人文社科项目(13YJA760060)。
通信作者: 李力红, E-mail: lilh@nenu.edu.cn

的动作) (Gallagher, 2000)。在非自主运动中(比如手臂被人移动时), 我们只能体验到拥有感而非施动感。但是在自主运动中二者兼而有之。

Synofzik, Vosgerau 和 Newen (2008)最早将施动感的结构分为施动体验(Feeling of Agency, FoA)和施动判断(Judgement of Agency, JoA)。施动体验是低水平的施动感, 具有内隐性和前反思性。在这一水平上, 个体无法对动作及其结果进行外部的归因判断。它是一种能顺利地管理、控制自己当前发出的运动的主观体验。施动判断是较高水平的施动感, 具有外显性和反思性。它负责对行为及其结果进行合理化, 将行为和结果归因为具体的人或事物(Synofzik et al., 2008)。详细内容将在理论部分进一步介绍。

Gallagher (2012)也将施动感的成分划分为内隐的前反思层面 SA1 和外显的反思层面 SA2, 并指出三种动作意向是导致 SA1 和 SA2 意识水平差异的原因。三种动作意向包括：(1)未来导向的意向 (Future-directed Intentions, F-intentions)在动作之前形成, 它将所有的动作概括性地表征为一个整体, 而不涉及具体的动作类型和位置等信息, 如和朋友约定中午 12 点帮他开门; (2)现在导向的意向(Present-directed Intentions, P-intentions)用于实施动作计划, 它确定了具体的动作类型、时间、位置等信息, 将描述性的动作计划转化为受施动者特征、当前时空属性、周围环境等限制的感知动作内容, 如你在屋子里看书时听见敲门声后, 要起身开门; (3)基于运动的意向(Motor intentions, M-intentions)根据动作程序的精确规范将感知动作内容转化为感觉动作表征。如, 出去约会, “开门”只是完成目标过程中的一个环节, 它不具备独特的有意识的意向(Gallagher, 2012; Pacherie, 2006, 2007)。未来和现在导向的意向都是典型的意识过程, 而基于运动的意向是无意识过程(Gallagher, 2012; Pacherie, 2007)。在预先计划过的动作中, 这三类意向会同时存在; 而在临时执行的动作中只有现在导向和基于运动的意向; 在自动化的动作中唯剩无意识的基于运动的意向(Gallagher, 2012)。根据 Gallagher 和 Pacherie 的观点, 基于运动的意向是产生施动感的必要条件, 且它决定 SA1 的产生。未来和现在导向的意向都会影响 SA2 的产生, 但未来导向的意向对 SA2 的作用并不是决定性的。

上述的两种观点基于结构视角, 将施动感分为意识和无意识两个成分。也有研究者从过程视角解释了施动感的产生实质。例如, Haggard (2017)认为自主运动与结果间的关联是施动感产生的核心; Borhani, Beck 和 Haggard (2017)认为对运动的自主控制和对结果的自由选择构成了施动感的重要成分。这样的观点提升了实证研究中施动感的可操作性。

3　理论模型

到目前为止, 在对施动感内在机制的解析中, 具有代表性的理论模型包括比较器模型、浅表性心因理论、两阶段模型, 以及线索整合模型, 它们分别从行为、思维以及整合三个角度对其给予了解释。其中, 比较器模型重点阐释了施动体验的产生机制, 浅表性心因理论则侧重于对施动判断产生机制的揭示, 而两阶段模型和线索整合模型是从更综合的视角对完整的施动感的产生机制进行了说明。

3.1　比较器模型

施动感内在机制的早期理论是“比较器模型” (Comparator Model, Frith et al., 2000)或称“顺行模型” (佐藤德, 2011), 最初用它来解释生命体的运动控制机制(Sperry, 1950; von Holst & Mittelstaedt, 1950), 其后 I. Feinberg (1978)在此基础上, 将比较器模型对行为层面的解释扩展到思维层面。比较器模型强调施动感取决于运动控制系统内“预测状态”和“实际状态”的一致性, 即将运动控制系统内部因素作为施动感产生的关键(Frith et al., 2000; Moore, 2016)。

Frith 等人(2000)认为在完成动作之后, 个体会将系统的“实际状态”与先前形成的“预测状态”进行比较, 若二者相匹配则产生施动感(见图 1)。他们假设人们的动作起源于目标, 目标在运动控制系统中生成一种“理想状态”。控制器利用“理想状态”的信息产生某个运动指令。随后, 这一运动指令将引发动作, 并改变运动控制系统的初始状态。在个体收到感觉反馈信息后, 基于这些信息对系统的新状态进行评估, 确定系统的“实际状态”。而后在“比较器 1”中将“实际状态”和“理想状态”进行比较。如果二者失配, 则产生一个新的运动指令。这一过程会持续到达成“理想状态”为止。然而, 由于这种单一的比较机制对动作失误的纠

错速度缓慢，个体可能会因此陷于危险，所以并不符合人类的适应性机制。通过在运动系统中加入预测性成分则可以避免这一问题。预测性成分是通过使用运动指令的副本(输出副本，Efference Copy)来预测系统的未来状态(David, Newen, & Vogeley, 2008; Frith et al., 2000; Moore, 2016; Wolpert, 1997; Wolpert, Ghahramani, & Jordan, 1995)。一方面，“比较器 2”将系统的“预测状态”与“理想状态”进行比较，它允许个体在表现出错误动作之前迅速地调整运动指令。另一方面“比较器 3”将系统的“预测状态”与“实际状态”进行比较。它决定了我们是否能够体验到施动感，“预测状态”与“实际状态”越匹配，施动感就越强烈。所以，预测性成分是比较器模型用以解释施动感的关键(Moore, 2016)。由于上述的比较过程都是在无意识层面进行的，所以比较器模型仅解释了无意识层面施动体验的产生机制。

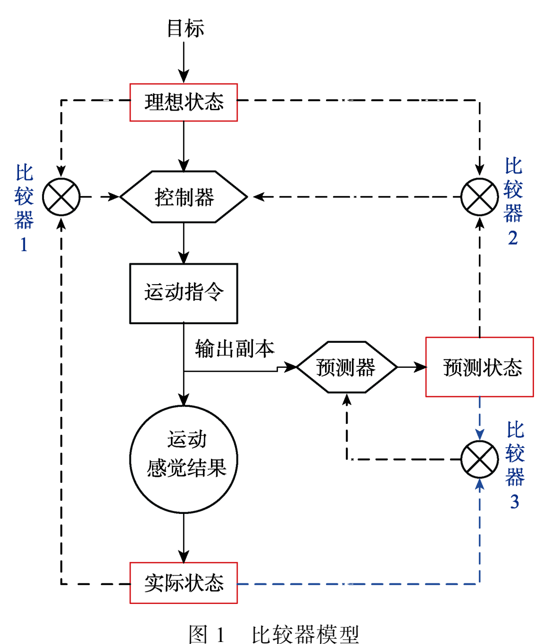


图 1　比较器模型
(资料来源：Frith et al., 2000; Synofzik et al., 2008)

一些研究为该理论假设提供了支持性的证据。Blakemore, Wolpert 和 Frith (1998, 2000)发现，由于自主运动中个体可以预测其感觉结果，所以个体体验到的自己引发结果的知觉强度会低于外部刺激引发结果的真实强度，即出现感觉衰减的现象。除此之外，有研究者发现预测和实际感觉反馈的失配会影响被试的施动感(Sato & Yasuda, 2005)或者对自己动作的识别(Asai, 2015)；被试预期的结果呈现时间与实际结果呈现时间的一致性也会影响施动感(Timm, Schonwiesner, Schröger, & SanMiguel, 2016)。

尽管比较器模型提出至今得到了广泛的研究支持，但是仍存在一些质疑，并主要集中在两个方面：

第一，比较器模型是否能解释思维现象？如果可以，那么可解释的边界在哪里？Frith (1992)认为思维与运动一样，都具有意向性。若用比较器模型来解释思维的施动感，即假设在意识流中存在一个比较器将“思维的意向”与“实际的思维”作比较，若二者匹配则产生基于该思维的施动感(Champbell, 1999; Synofzik et al., 2008)。但是意向本身即是一种思维，那么“思维的意向”是否还有其意向呢？认为思维具有意向的观点最初源自对内部语言的研究，认为内部语言具有意向是较为合理的，但是直接将这一观点扩大到所有的内部认知活动是不恰当的(Gallagher, 2004; Synofzik et al., 2008)。认为所有的思维皆有意向，势必会陷入一种逻辑上的死循环。

另外，比较器模型也无法解释正常人的一种“未受邀请的思维” (Unbidden Thoughts)现象，这是一种常常会突然闯入我们的意识之中的思维(比如，脑海中突然响起一段挥之不去的旋律)(Gallagher, 2004)。在这种情况下人们知道自己没有主动引发这些思维，所以并没有相应的意向，但是也不会错误地将这些思维归因于他人(Gallagher, 2004; Synofzik et al., 2008)。

第二，比较器模型如何恰当地解释精神分裂症的诸多症状？ 比较器模型对于精神分裂症患者的施动感异常症状采取“全或无”的解释方式，无法说明这些症状的阶段性和特异性表现(Gallagher, 2004)。比如有思维插入症状的患者并不认为自己所有的思维都是外界插入的，患者一般只将特定类别的思维(常是涉及某一特定人或事物的思维)看做是被插入的。他们可能认为“想法 a”是被插入的，但是他们明确地知道“认为想法 a 是被插入的”这一想法是自己的。这类现象无法用比较器的“全或无”方式来解释(Gallagher, 2004)。

总之，比较器模型解释了内隐的施动感(即施动体验)的产生，重视运动控制系统对施动感产生的作用。但是，将比较器模型用在解释思维层面

的施动感时, 则存在一种过度概括化倾向, 对于某些施动感异常的情况没能做出恰当的说明。

3.2　浅表性心因理论

Wegner 和 Wheatley (1999)提出浅表性心因理论(Theory of Apparent Mental Causation)解释外显施动感(即施动判断)产生的机制(见图 2)。与重视运动控制系统对施动感作用的比较器模型不同, 浅表性心因理论更强调与运动相关的思维成分在施动感产生中的重要作用(Moore, 2016)。

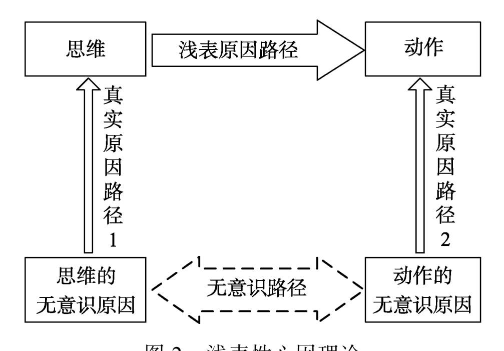


图 2　浅表性心因理论
(资料来源：参照 Wegner & Wheatley, 1999)

Wegner 认为在个体执行自主运动的时候, 存在一个无意识的因果路径对相关的思维和动作负责(Wegner, 2003; Wegner & Wheatley, 1999), 但人们却将有意识的事件(即浅表性心因)推断为动作的成因(见图 2 中的路径 1、2)。有意识的事件包括思维(例如运动意向)和动作本身(Moore, 2016; Wegner, 2003; Wegner & Wheatley, 1999)。因其强调意识层面的事件对施动感的影响, 故浅表性心因理论仅阐释了在意识层面的施动判断的产生机制。

研究证实, 当人们意识到自己要做什么之前, 在无意识中早已做好了选择。是无意识的脑活动决定了我们对行为的选择, 而非意识决定了脑活动。Libet, Gleason, Wright 和 Pearl (1983)让被试判断自己意识到右手发出动作时的钟表指针位置, 同时用肌电图测量被试右手的肌肉运动, 发现被试的确是在做出实际动作前意识到自己运动意向的, 但动作的准备电位却产生于二者之前。Haggard 和 Eimer (1999)通过观测单侧性准备电位也得到了相似的结论, 即在被试能够意识到是选择右手还是选择左手之前, 大脑早已进行了选择, 被试意识到的是大脑选择的结果。Soon, Brass, Heinze 和 Haynes (2008)使用 fMRI 技术发现在被试做出决定之前 10 秒左右, 通过前额叶和顶叶皮层就可以预测被试的选择。这说明无意识的因果路径才是产生动作的真正原因。

然而, 我们却相信是自己的思想引发了动作。Wegner 和 Wheatley (1999)将这一现象类比于魔术表演。一名魔术师要观众相信从空的礼帽中能变出兔子, 会事先将一只兔子藏于礼帽之中(真实原因), 表演时先转移观众的注意力, 在观众注视他处时从礼帽中迅速拿出兔子, 魔术就成功了。虽然兔子从礼帽中凭空出现(浅表原因)很不可思议, 但是多数观众还是选择相信亲眼所见的原因——魔术师靠魔力从空礼帽中变出了兔子。大脑也是靠这样的方式解释动作产生的因果路径中意识的“魔力”。

在 Wegner 和 Wheatley 的理论中, 思维和动作的关系决定了施动感。那么影响二者关系的因素也会影响施动感。首先, 运动控制系统之外的预先信念能影响施动感。Wegner, Sparrow 和 Winerman (2004)的研究表明, 如果被试在执行动作前的恰当时刻得到与动作一致的信息, 即使他没有对某一结果产生任何影响, 也会认为该结果是自己引起的。Stenner 等人(2014)也发现预先启动即将到来的动作会促进被试对于该动作的施动错觉。所以施动感的产生与事前的预测信念联系密切。其次, 背景信息也会影响施动感。有研究表明通过操控关于动作的高水平的背景信息(比如因果信念)可以改变被试的施动感(Desantis, Roussel, & Waszak, 2011; Dijksterhuis, Preston, Wegner, & Aarts, 2008; Wegner, Fuller, & Sparrow, 2003)。当个体相信他人是行为的原因时, 即使他人实际上并未执行任何动作, 个体的施动感也会降低(Wegner et al., 2003)。相信有神存在的人, 若在其产生行为以前在阈下显示出“神”这一单词, 就会使其施动感降低(Dijksterhuis et al., 2008)。由此可见, 个体会通过对动作与思维关系的“事后推论过程”影响施动感水平, 即在动作完成之后, 个体才去寻找动作的合理原因(佐藤德, 2011)。

比较器模型和浅表性心因理论发展至今皆有诸多实证研究的支持, 这表明二者都能在一定程度上解释人类的施动感。比较器模型解释了内隐的施动体验, 它随时间顺序顺行进行, 强调运动控制系统对施动感的贡献; 而浅表性心因理论解释了外显的施动判断, 它强调运动控制系统以外的信息——事后推论的过程对施动感的贡献, 但

这两种观点并不是非此即彼的。很多研究表明，不同来源的信息都会对施动感产生影响。比如，Moore 和 Haggard (2008)发现，对于某一结果的施动感可能基于结果呈现之前的预测过程，也可能基于结果呈现后的回顾性推断过程。这样的发现引导研究者们发展出了更为整合的观点，即认为施动感的施动线索有多种不同的来源(Moore, Wegner, & Haggard, 2009; Synofzik et al., 2008)。

3.3 综合理论

在总结以上两种理论的基础上，研究者们进一步提出了更加综合的观点，包括两阶段模型和线索整合理论。

(1) 两阶段模型(Two-step Model)。Synofzik 等人(2008)提出了兼备顺行模型和事后推论过程的两阶段模型(见图 3)。该模型认为低水平的施动体验和高水平的施动判断共同构成了施动感。施动体验的形成受到与动作相关的知觉和运动线索(比如，正向线索、本体感觉和感觉反馈的)的影响，属于知觉表征；当施动体验经过概念水平的能力和态度(比如，信念和思维)的进一步加工后才形成施动判断，它属于命题表征。这两种成分解释了不同情况下的施动感。

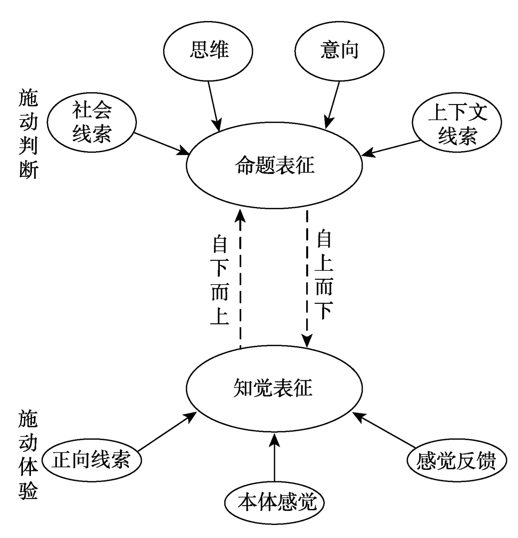


图 3 两阶段模型(资料来源：Synofzik et al., 2008)

一方面，低水平的施动体验很好地解释了健康人一般不会反思自己的动作，而理所当然地知道自己是动作的执行者。比如当人们口渴拿起一杯水时，并不会通过考虑“拿起水杯”的动作体验来确认是自己拿起的水杯，而默认是自己在拿杯子喝水，即人们对上述情况下第一人称的确认不会出现识别错误的问题(Immunity Principle, Shoemaker, 1984)。精神分裂症患者的施动感异常症状也为此提供了支持。很多精神分裂症患者表现出施动体验的异常。典型的幻听病人会将自己发出的声音归结为外部的声音；而被控制妄想的患者，认为其意愿会被其他的控制者或者力量所取代(Sato & Yasuda, 2005)。

另一方面，高水平的施动判断帮我们给施动者不明的动作找到合适的解释。当多种与动作相关的施动指标一致时，个体就会产生自我施动的体验；反之个体可能对动作是否是自己发出的感到疑惑。此时，高水平的施动判断就开始为这一“奇怪的动作”寻找合适的解释：根据个体以往的行为习惯或者信念等信息，判断出动作的施动者是自己，或者是其他人或事物。

在此模型中存在自下而上和自上而下两条通路，即低水平的施动体验和高水平的施动判断是彼此联系并相互影响的 (Synofzik et al., 2008)。

(2) 线索整合理论(Cue Integration Theory)。Moore 等人(2009)提出了同时受到运动控制系统内外因素影响的线索整合理论，认为源自运动控制系统内部和外部的线索都会影响施动感。当个体执行自主运动时，施动感主要依赖于运动控制系统内部的线索(比如输出副本)；而在非自主运动中，运动控制系统内部的施动线索变弱，个体的施动感主要依赖于运动控制系统以外的线索(比如动作前的启动),即运动控制系统内外的线索呈动态整合的模式(Christensen, Yoshie, Di Costa, & Haggard, 2016; Moore et al., 2009)。有研究表明各种来源不同的线索影响施动感的效果与其发生的可靠性相关，即来源更可靠的信息支配了施动感。比如 Moore 和 Haggard (2008)，以及后来 Christensen 等人(2016)的研究均表明，当对感觉运动预测的可能性降低时，运动结果对时间压缩量的影响增强了。也就是说，当运动的感觉结果难以预测时，真实感觉结果的性质对施动感的影响增强了。

上述两个综合性理论都强调在施动感中包括施动体验和施动判断两个不同意识水平的成分，但对其产生机制进行了侧重各异的解释。两阶段模型从知觉加工的双向性视角解释施动感的加工结构机制，更强调时序性特征；线索整合理论从

运动系统的加工特征解释施动感的加工作用机制,更强调即时性特征。

4　研究范式

针对施动感的不同成分,人们将施动感的研究范式分为外显和内隐两大类。外显范式测量了外显的施动判断成分,研究者通过量表直接测查被试在执行任务过程中体验到的施动感程度。内隐范式通过测量被试的反应时、知觉强度等指标间接推论内隐无意识层面的施动体验。由于两类范式针对施动感中的不同侧面,因此所得出的结论并不一定具有一致性(Dewey & Knoblich, 2014; Saito, Takahata, Murai, & Takahashi, 2015)。

4.1　外显范式

在外显范式中,一般要求被试回答施动感量表中与施动感有关的问题,或者对体验到的施动感程度进行评分。根据实验操作的不同,又可以将其分成两种常见类型:

第一类是通过识别动作执行者进行施动判断,即通过动作的视觉反馈来判断是自己还是他人执行了当前的动作。动作的视觉反馈可能来自被试本人动作的真实信息、动作的扭曲信息(延迟或者偏移)或者不同执行者的信息(Asai, 2015; Moore, 2016; Saito et al., 2015)。第二类是通过对动作结果的体验进行的施动判断。一种形式是,被试按键后经过一定的时间间隔呈现结果刺激,随着时间间隔的延长,被试报告出的施动感呈下降趋势(Asai, 2015; Caspar, Cleeremans, & Haggard, 2015; Sato & Yasuda, 2005)。另一种形式是,在正式实验之前通过学习让被试建立某种固定的动作−结果联结,在正式实验中通过操纵实际结果与被试预测结果的一致性来考察被试施动感的变化(Sato & Yasuda, 2005; Sidarus & Haggard, 2016)。

总之,第一类外显范式关注由动作过程体验带来的施动感,第二类则更关注由对动作结果体验带来的施动感(Moore, 2016)。在研究中人们会通过将这两种范式结合起来更全面的考察施动感的成分(Dewey & Knoblich, 2014; Sato & Yasuda, 2005)。

4.2　内隐范式

施动感的内隐测量范式是基于自主运动和非自主运动的知觉差异发展而来的,通过测量个体在自主运动时相关的知觉指标来推断自主运动中的施动感(Moore, 2016)。自主运动的感觉过程和由外部刺激触发的感觉过程的差异主要表现在时间知觉和知觉强度上(Hughes, Desantis, & Waszak, 2013)。在时间知觉方面,人们在自主运动中知觉到的时间间隔会短于实际的时间间隔,即出现时间压缩(Temporal Binding)现象;在知觉强度方面,自主运动引发的知觉强度会弱于由非自主运动引发的知觉强度,即出现感觉衰减(Sensory Attenuation)现象。由此,形成了时间压缩范式和感觉衰减范式。

4.2.1　时间压缩范式

Wilhelm Wundt 在 19 世纪 80 年代最早发现在某些心理活动中时间知觉会发生变化,并以此作为心理活动指标进行观测。他在使用钟表研究注意时发现,当注意力集中在刺激或钟表指针这两个不同对象上时,个体所知觉到的时间存在差异。20 世纪 80 年代,Libet 等人采用 Wundt 的经典范式研究意志,通过让被试报告自主运动、自主运动的意向以及被动刺激产生时的钟表指针位置,并用脑电图记录与之相关的大脑激活情况,来比较这三种情况下主观时间与客观时间的差异(Libet et al., 1983)。

2002 年,Haggard 等人使用 Libet 的钟表法探究人们对于动作及结果的知觉时间,并对“时间压缩效应” (Temporal Binding Effect, 或者 Intentional Binding Effect)做出了最初的阐述。时间压缩指与标准时间间隔相比,人们知觉到的自主运动与其感觉结果在时间上相互接近的现象,即知觉到的二者的时间间隔短于实际间隔的现象(Haggard, Clark, & Kalogeras, 2002; Moore & Obhi, 2012)。在自主运动中,发起动作的知觉时间常常晚于发起动作的实际时间,而对于感觉结果的知觉时间常常早于产生感觉结果的实际时间(见图 4)。Haggard 等人认为中枢神经系统可能存在一种将有关自主运动的关键感觉运动事件关联在一起的特定认知功能,而这项功能可能正是产生施动体验的关键(Haggard et al., 2002; Moore & Obhi, 2012)。传统的时间压缩范式采用 Libet 钟表法,要求被试在基线和操作两种实验条件下分别报告动作起始或者刺激呈现时的钟表指针位置。时间压缩量即为知觉到的动作起始时间的偏移量与知觉到的结果呈现时间的偏移量之和。在施动感的研究中,时间压缩量越大,表明被试体验到的施动感越强。

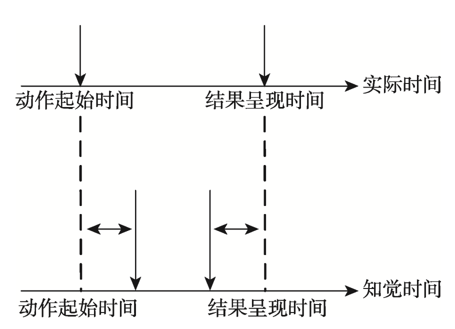


图 4 时间压缩范式原理图
(资料来源：Hascalovitz & Obhi, 2015)

采用 Libet 钟表法的时间压缩范式要求被试分别注意动作或者结果，这可能会使被试无法产生有效的动作–结果联结，进而影响实验结果。一些研究者提出了一种简化的时间压缩范式——时距估计法(Humphreys & Buehner, 2009)。时距估计法要求被试直接估计动作与结果间的时间间隔，省去了计算动作和结果偏移时间的步骤，直接得出时间压缩量。其结果与采用钟表法的时间压缩范式相一致，即在自主运动中会产生显著的时间压缩效应。虽然时距估计法简化了时间压缩范式的实验程序，并且可以使被试产生有效的动作–结果联结，但是仍存在易受认知偏差或反应偏差影响的弊端(Dewey & Knoblich, 2014; 马家俊, 魏坤琳, 陈立翰, 2015)。

4.2.2 感觉衰减范式

感觉衰减范式(Sensory Attenuation Paradigm)是施动感内隐测量中另一常用范式。感觉衰减指的是一种自主运动引发结果的知觉强度的衰减现象，包括感觉结果和皮质反应的衰减(Blakemore et al., 1998; Blakemore, Frith, & Wolpert, 1999; Blakemore, Wolpert, & Frith, 1999; Hughes et al., 2013; Moore, 2016)。在感觉衰减范式中，研究者使用知觉到的感觉结果的强度变化或者皮质信号的强度变化来推断被试施动感的变化。

感觉结果的衰减，即自主运动引发的感觉结果的知觉强度低于由非自主运动引发的、或者由外界直接触发的感觉结果的强度。以采用听觉刺激的感觉衰减范式为例，实验中要求被试在施动(或非施动)任务后，对呈现的结果音调和比较音调的响度差异进行判断。一般在自主运动之后被试知觉到的音调的主观响度要显著低于非自主运动后被试知觉到的音调响度(Sato, 2008; Weiss, Herwig, & Schutz-Bosbach, 2011; Weiss & Schütz-Bosbach, 2012)。需要注意的是，对于同一种感觉(比如上文提到的听觉)，个体间存在阈限上的差异，所以对于同等强度的刺激，不同被试的体验可能有所不同。如果研究中要求被试对于同一水平的刺激具有相同的体验，就需要考虑被试间感觉阈限的差异(Borhani et al., 2017; Wolpe, Haggard, Siebner, & Rowe, 2013)。比如，在 Borhani 等人 (2017)的研究中，需要被试体验到高、低两个水平的痛觉刺激(高温激光刺激)。研究者事先测量了每位被试的痛觉阈限，然后将低水平疼痛刺激设置为阈限温度加 2 度，高水平疼痛刺激设置为阈限温度加 8 度。这一的操作避免了所有被试接受同等强度的刺激时，无法体验到同等水平疼痛的情况。

该范式的行为结果也得到来自 ERP, fMRI 等技术的研究支持，即相比于由非自主运动引发的或由外界直接触发的脑电信号，自主运动引发的脑电信号强度出现了显著的衰减(Gentsch, Weiss, Spengler, Synofzik, & Schütz-Bosbach, 2015; Hughes & Waszak, 2011; Timm et al., 2016)。

虽然时间压缩范式和感觉衰减范式都是被研究者认可的施动感内隐研究范式，但是二者的关联尚不明确。有研究表明在同一实验中，通过这两种方式测得的结果无显著相关(Dewey & Knoblich, 2014)；也有研究表明，施动感的主要成分对二者的作用模式存在差异(Borhani et al., 2017)。这说明，虽然时间压缩和感觉衰减都是能反映施动变化的敏锐指标，但是二者可能代表了不同的认知过程(Borhani et al., 2017)。

5 施动感研究的核心问题

目前，施动感的研究主要集中在病理性研究和影响因素两大领域。其中，病理性研究试图用施动感异常来解释精神和神经疾病患者的诸多症状，并探究其原因；而施动感的影响机制研究旨在分析正常人的施动感会受到哪些因素的影响。

5.1 病理性施动感失调

对施动感的研究源于某些精神或神经疾病患者的施动感异常表现(David et al., 2008; Feinberg, 1978; Frith, 1992; Gallagher, 2000)，包括缺少应有的施动感和施动感过强。前者认为自己的行为受到了他人的控制，后者认为自己完成了实际上无法完成的动作，或者给自己实际不受控制的行为

寻找合适的原由。

5.1.1　施动感不足

诸多研究表明, 精神分裂症患者难以预测自己行为的结果, 这使得他们无法产生适度的施动感(Blakemore, Smith, Steel, Johnstone, & Frith, 2000; Graham-Schmidt, Martin-Iverson, Holmes, & Waters, 2016; Moore, 2016; Voss et al., 2010)。这类患者缺乏对自己思维、动作或者躯体体验的正常施动感知(Blakemore, Smith, et al., 2000; Graham-Schmidt et al., 2016), 通常表现为幻听(Auditory Hallucination)、被控制妄想(Delusion of Control)、思维插入(Thought Insertion)等。比如幻听和思维插 S 入的患者认为自己的想法是别人说给他们或者插入他们脑中的, 而被控制妄想的患者认为自己的行为受到了他人的控制。另外, 使用时间压缩范式的研究也为这一观点提供了证据。Voss 等人(2010)采用精神分裂症被试进行时间压缩实验, 发现预测的那部分时间压缩效应消失了。Graham-Schmidt 等人(2016)使用时距估计法, 发现精神分裂症患者在主动运动、被动运动、观察他人运动三种情况下所估计的动作−结果间的时间间隔无显著差异, 这也表明了精神分裂症患者因为无法准确预测自己的行为结果而无法产生适度的施动感。

异己手综合症(Alien Hand Syndrome, AHS)是一种罕见的神经疾病, 患者对自己的“异己手”丧失了拥有感和施动感, 认为“异己手”虽然连接在自己的身上, 但是已经不是自己身体的一部分, 并且有着独立的意识(Assal, Schwartz, & Vuilleumier, 2007; Feinberg, Schindler, Flanagan, & Haber, 1992)。有时“异己手”会与正常的手“唱反调”, 比如正常的手要开门, 而“异己手”就不断地把门关上; 有时“异己手”甚至会做出伤害主人的举动, 比如掐住主人的脖子, 或者用力将主人推倒(Feinberg et al., 1992; Moore & Fletcher, 2012)。目前研究者们认为大脑前额运动区或者胼胝体损伤导致了这一症状(Feinberg et al., 1992)。

Frith 等人(2000)通过比较器模型解释了精神分裂症患者的运动失调和施动感之间的关联。他们认为因为精神分裂症患者的预测过程出现问题, 所以不能形成施动感, 故会误将自己的行为归因为他人。

5.1.2　施动感过度

施动感过度指的是个体在不该具有施动感的时候却拥有强烈施动感的一种现象。最典型的例子就是病感失认症(Anosognosia)。病感失认症是瘫痪或者中风的并发症, 患者意识不到自己患病的事实。比如, 一名左半身偏瘫的患者从未报告其左侧肢体活动不便, 而且让她用左手完成某动作的时候, 虽然她实际上无法完成该动作, 但她却认为自己出色地完成了该动作, 对自己的“表现”非常满意(Berti, Spinazzola, Pia, & Rabuffetti, 2007)。这类患者会根据前运动的施动线索(比如运动意向或者对于感觉运动结果的预测)产生强烈的施动感(Moore, 2016)。

利用行为(Utilisation Behaviour, UB)是一种极为罕见的病症, 患者的行为是单纯受外界刺激触发的(Lhermitte, 1983)。比如说, 患者会戴上他面前摆放的一副眼镜, 若此时他又看见另一副眼镜, 就会将第二副眼镜戴在第一副眼镜的上面(Moore & Fletcher, 2012)。虽然利用行为患者与异己手综合症患者表现出了相似的不受控行为, 但二者截然不同的是, 利用行为的患者并不会质疑自己的行为(Moore & Fletcher, 2012)。Lhermitte (1986)曾描述了一名患有“环境依赖综合症” (Environmental Dependency Syndrome, 一种特殊的利用行为)的病人, 当有人告知他身处一所美术馆中时(实际上他并不在美术馆), 他便开始浏览和评论“墙上的画作”。

总之, 施动感的破坏常与许多精神疾病相关, 但对于施动感被破坏机理的研究还很有限, 可能需要从个体施动感发展的过程以及在该过程中导致其异常变化的影响因素中收集具有解释性的证据。

5.2　影响施动感的因素

目前研究者们在“非认知因素对施动感的影响”方面取得了一些有价值的成果, 其中情绪和自主选择因素处于研究的焦点。

5.2.1　情绪对施动感的影响

以动作是否实施为分界点, 研究者将情绪线索分为预测性情绪线索和回顾性情绪线索两类。而根据回顾性和预测性这两类影响因素可以将情绪效价对施动感的影响的相关研究分为三大类: 情绪作为预测性因素对施动感的影响; 情绪作为回顾性因素对施动感的影响; 情绪作为预测性和回顾性因素对施动感的共同影响(Aarts et al., 2012; Christensen et al., 2016; Gentsch et al., 2015; Hughes, 2015; Moore & Haggard, 2008; Yoshie &

Haggard, 2013)。前两种类型可以合称为单情绪线索对施动感的影响，最后一种类型可称为双情绪线索对施动感的影响。

多数探究单情绪线索对施动感的影响的研究发现，积极的情绪线索会提升施动感；消极的情绪线索会减弱施动感。在回顾性的情绪线索对施动感的研究中，Yoshie 和 Haggard (2013)比较了当被试按键后听到积极、消极、中性音调时的时间压缩量，发现被试听到消极音调时的时间压缩量显著小于听到积极音调和中性音调时的时间压缩量。这表明，当行为产生消极结果时，被试体验到了更为微弱的施动感。Gentsch 等人(2015)使用感觉衰减范式探究了结果的情绪效价对施动感的影响，也得到了与 Yoshie 和 Haggard (2013)相似的结论：在施动者不清晰的情况下，个体对于积极结果会体验到更强的施动感，而对于消极结果会体验到更弱的施动感。在预测性的情绪线索对施动感的研究中，Aarts 等人(2012)发现预先启动的情绪效价会显著地影响施动感，即相比于中性情绪启动，积极的情绪启动显著地提升了施动感。他们的研究中还发现了基线眨眼率对预测性情绪线索的效应有调节作用。基线眨眼率与纹状体多巴胺系统的功能性状态有关(Karson, 1983)。Aarts 等人发现积极的情绪启动对施动感的提升作用受到了基线眨眼率的调节，即积极的启动信息主要增加了高基线眨眼率被试的施动感。但是后续的研究者并没有进一步探究基线眨眼率水平(多巴胺水平)对于回顾性情绪线索对施动感的影响是否也具有调节作用。

在探究双情绪线索对施动感的影响的研究中，研究者一致认为回顾性和预测性情绪线索对施动感的影响是一种动态整合模式。Moore 和 Haggard (2008)以及 Christensen 等人(2016) 探究了回顾性和预测性的情绪线索对施动感的共同作用。结果表明：不可预测的积极结果会提升施动感；当结果效价可预期时，积极的结果降低了施动感，而中性和消极的结果提升了施动感。即回顾性和预测性情绪线索均对施动感产生影响，但影响模式不是固定不变的，而是两种因素的动态整合模式。但是此类实验中并没有探究不同情绪效价的回顾性和预测性施动线索对施动感的交互影响。

5.2.2 自主选择对施动感的影响

自主选择对施动感的影响是近年来另一研究热点。这方面的研究主要包括对动作的自主选择、动作选择流畅性和结果的自主选择对施动感的影响。

Barlas 和 Obhi (2013)发现在要求被试进行简单按键操作的时间压缩研究中，随着可选按键数量的增加，时间压缩效应显著增强。这表明对动作进行选择的自由程度会影响内隐的施动感。近期的两项研究为这一结论提供了新的佐证(Barlas, Hockley, & Obhi, 2017a, 2017b)。它们均同时采用内隐的时间压缩范式和外显的施动报告范式，发现动作选择自由程度的增强会同时提升内隐和外显的施动感。

动作选择流畅性(Fluency of Action Selection)对施动感的影响是该领域中另一研究热点。Wenke, Fleming 和 Haggard (2010)首先发现了动作选择流畅性可以影响主观的施动体验。此类研究通常采用掩蔽启动范式，要求被试对特定的目标刺激做出反应，而在呈现目标刺激之前给被试呈现一个与目标刺激相同或相异的启动刺激以操作被试的动作选择流畅性体验(Chambon & Haggard, 2012; Sidarus, Chambon, & Haggard, 2013; Wenke et al., 2010)。若启动刺激与目标刺激一致，被试会体验到动作选择“流畅”，反之则“不流畅”。Sidarus 等人(2013)探究了动作选择流畅性和个体对结果的预期水平对施动感的共同影响。结果表明，相容条件可以增强施动感，即相比于预期结果条件，在非预期结果的试次中，动作选择流畅性对施动感产生了更大的影响；同样，结果预期只在不相容试次中会对施动感产生强烈的影响 。这些结论进一步验证了线索整合理论。Sidarus 和 Haggard (2016)采用阈上的侧抑制任务范式探究动作选择过程对施动感的影响，其研究结果表明无论启动刺激与目标刺激呈现的时间长短、动作选择的自由性如何，动作选择流畅性对施动感的影响都是一致的，即启动刺激与目标刺激不一致的条件会削减被试的施动感。

Borhani 等人(2017)认为对结果的自由选择是施动感的主要成分之一。其研究表明可以对结果进行自由选择的情况下，被试能体验到更强的施动感。但是这种自由选择对施动感的影响究竟源于选择过程本身，还是自由选择反映出的一种“自己能够通过选择而控制结果”的自上而下的信念还有待探究。

6　施动感研究的前景与趋势

尽管施动感的研究已经取得了一些有价值的结论，但为了更深入的揭示其实质，还需增加更多生态性、整体性的研究证据，我们认为未来应关注以下几方面探究：

首先，应关注社会情景中施动感的变化。非认知因素对施动感的影响已引起人们的关注，然而，在相关研究中还存在一些矛盾的结论，而这些矛盾都与社会情境的变化相关。在探究不同类型的情绪对施动感的影响中常出现因被试对情绪材料背景理解不同造成结果混淆的情况。Hughes (2015)探究"恐惧"对施动感的影响时发现恐惧面孔反馈得出了与先前研究相反的结论，即"恐惧"增强了施动感。他们认为可能是因为被试将恐惧面孔视为他人对自己行为的反馈，个体会无意识地将他人对自己的恐惧视作一种"奖励"，此时他人的恐惧面孔引发了被试积极的情绪。与此类似，在自恋、抑郁等人格特质与施动感的关系研究中也因受到情境的影响而出现不一致的结论。Hascalovitz 和 Obhi (2015)的研究通过计算被试在简单时间压缩实验中的表现与自恋量表的相关性得出了自恋与施动感呈高相关。但 Dimaggio 和 Lysaker (2015)对此结论提出异议，因为自恋者在独处时盲目自大，但与他人相处时却过度自卑，即高自恋者的表现与想法可能并不具有跨情境的一致性。人作为一种社会性动物，社会情境是影响其活动的重要背景，因此将非认知因素对施动感的影响放在不同的社会情境中来认识是解决目前该领域中一些疑问的有价值的视角。

其次，丰富施动感的发展性研究。由于方法的局限，目前关于施动感发展方面的研究较少(宮崎美智子，高橋英之，岡田浩之，開一夫，2011)，但对该问题的探究是揭示施动感产生的关键。尽管田中友香理(2016)以身体机能、自我认知以及社会认知三方面的发展为线索提出了施动感发展的三阶段模型，认为 8 个月的婴儿已经形成了与成人无异的施动体验(Miyazaki, Takahashi, Rolf, Okada, & Omori, 2014; Zmyj, Daum, Aschersleben, 2009)。而 4 岁的儿童可能形成了更高水平的施动判断(Miyazaki & Hiraki, 2006)。然而相关的证据还十分有限，需要在进一步提高方法有效性的基础上进行更丰富和完善的研究。

第三，重视跨通道的施动感研究。施动感作为一种普遍存在的感觉包含了多感觉通道的共同作用。比如"拿起水杯"这一动作引发的施动感至少包含了视觉和触觉的作用。虽然多数现有的施动感研究中包含了听觉、视觉、触觉等多种感觉通道的信息，但研究分析不同的感觉通道是如何联合作用和相互影响的较少。van Beers, Wolpert 和 Haggard (2002)通过实验比较了本体感觉和视觉在感觉运动适应过程中的作用。他们发现不同感觉通道对于感觉运动适应过程的影响并非一成不变，大脑通过使感知位置的不确定性最小化的方法来衡量源自不同感觉通道信息的比重。在深度方向上，本体感觉所占比重更大，而在与其正交的水平方向上视觉所占的比重更大。也有研究者发现，无关的其他感觉通道的信息会增强或减弱被试对于目标感觉通道信息的施动感(Kawabe, 2015; Kawabe, Roseboom, & Nishida, 2013)。但是多感觉通道信息对施动感的影响模式还不十分明确，有待后续研究者进行深入的探索。

第四，理清施动感与拥有感的关系。施动感研究关注个体对运动自主性的体验，而拥有感研究则关注个体对动作的身体所属性的体验，然而两者同作为最小自我的重要成分是无法完全分离的(Gallagher, 2000)。很多研究者为避免因为二者不明确的界限而混淆实验结果(Sato & Yasuda, 2005)，倾向于将它们进行分离，并试图探寻两者各自的产生机制、影响因素等。Sato 和 Yasuda (2005)发现被试预测的动作结果与实际的动作结果间的差异会显著地影响施动感，而并不会影响被试的拥有感，以此方法区分了施动感和拥有感。然而，施动感与拥有感仍然会经常发生相互影响，但目前较少有研究关注二者的相互作用机制。在研究拥有感的经典范式——橡胶手错觉范式中，通常主试会挡住被试运动中的手臂，并要求被试注视与自己手臂同频运动的橡胶手，结果发现多数被试会对橡胶手产生显著的拥有感(Botvinick & Cohen, 1998; Caspar et al., 2015; Zhou, Zhang, Yin, & Yang, 2015; 周爱保等, 2013)。研究者认为这一范式可以很好地分离施动感与拥有感，但我们认为这种实验范式可能让被试先产生了对于橡胶手运动的施动感，进而产生了拥有感。这提醒研究者在认清不同类型感知觉界限的同时，更应关注它们之间的关联。Haggard (2017)

认为，施动感包括了涉及身体运动的拥有感和对该运动进行自主控制的认知体验。根据 Haggard 这一观点，虽然施动感和拥有感同为最小自我的重要成分，但它们并非相互独立且权重均等的。拥有感可能是施动感产生的必要非充分条件。

第五，关注施动感的脑神经机制研究。Sperduti, Delaveau, Fossati 和 Nadel (2011)对部分神经影像学相关研究进行元分析发现，施动的外部归因与颞顶叶交界、前辅助运动区以及背内侧前额叶的激活显著相关；施动的自我归因与双侧脑岛、初级躯体感觉皮层以及前运动皮层的激活显著相关。其中，较多的研究支持了脑岛与施动感的相关性，研究者认为脑岛整合了多种功能系统的信息，这些信息的匹配程度越高，施动感越强(Sperduti et al., 2011)。另一些研究强调了颞顶叶交界中角回的作用(Haggard, 2017)。例如，一项事件相关功能性磁共振成像(event-related functional MRI)实验指出角回对施动感的贡献，其结果表明角回可能监控了额叶在动作选择过程中的冲突信号(Chambon, Wenke, Fleming, Prinz, Haggard, 2013)。

参考文献

马家俊，魏坤琳，陈立翰．(2015)．施动感研究的意向捆绑范式述评．*心理科学, 38*(2), 506–510.

周爱保，朱婧，夏瑞雪，李世峰，徐科朋，张荣华，蔡美君．(2013)．我观故我在?——从橡胶手错觉对自我身体所有权的探讨．*心理科学, 36*(6), 1328–1332.

宮崎美智子，高橋英之，岡田浩之，開一夫．(2011)．自己認識における運動主体感の役割と発達メカニズム．*認知科学, 18*(1), 9–28.

田中友香理．(2016)．乳児期の運動主体感の発達過程とその社会的機能．*京都大学大学院教育学研究科紀要, 62*, 15–27.

佐藤德．(2011)．何が自己を自己たらしめるか？運動主体感の研究から．*認知科学, 18*(1), 29–40.

Aarts, H., Bijleveld, E., Custers, R., Dogge, M., Deelder, M., Schutter, D., & van Haren, N. E. (2012). Positive priming and intentional binding: Eye-blink rate predicts reward information effects on the sense of agency. *Social Neuroscience, 7*(1), 105–112.

Asai, T. (2015). Feedback control of one's own action: Self-other sensory attribution in motor control. *Consciousness and Cognition, 38*, 118–129.

Assal, F., Schwartz, S., & Vuilleumier, P. (2007). Moving with or without will: functional neural correlates of alien hand syndrome. *Annals of Neurology, 62*(3), 301–306.

Barlas, Z., Hockley, W. E., & Obhi, S. S. (2017a). Effects of free choice and outcome valence on the sense of agency: Evidence from measures of intentional binding and feelings of control. *Experimental Brain Research*, doi: 10.1007/s00221-017-5112-3 (in press).

Barlas, Z., Hockley, W. E., & Obhi, S. S. (2017b). The effects of freedom of choice in action selection on perceived mental effort and the sense of agency. *Acta Psychologica, 180*, 122–129.

Barlas, Z., & Obhi, S. S. (2013). Freedom, choice, and the sense of agency. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 514.

Berti, A., Spinazzola, L., Pia, L., & Rabuffetti, M. (2007). Motor awareness and motor intention in anosognosia for hemiplegia. In P. Haggard, Y. Rossetti, & M. Kawato (Eds.), *Sensorimotor foundations of higher cognition* (pp. 163–181). Oxford, England: Oxford University Press.

Blakemore, S.-J., Smith, J., Steel, R., Johnstone, E. C., & Frith, C. D. (2000). The perception of self-produced sensory stimuli in patients with auditory hallucinations and passivity experiences: Evidence for a breakdown in self-monitoring. *Psychological Medicine, 30*(5), 1131–1139.

Blakemore, S. J., Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (1999). Spatio-temporal prediction modulates the perception of self-produced stimuli. *Journal of Cognitive Neuroscience, 11*(5), 551–559.

Blakemore, S. J., Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (1998). Central cancellation of self-produced tickle sensation. *Nature Neuroscience, 1*(7), 635–640.

Blakemore, S. J., Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (1999). The cerebellum contributes to somatosensory cortical activity during self-produced tactile stimulation. *NeuroImage, 10*(4), 448–459.

Blakemore, S. J., Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (2000). Why can't you tickle yourself? *Neuroreport, 11*(11), R11–R16.

Borhani, K., Beck, B., & Haggard, P. (2017). Choosing, doing, and controlling: Implicit sense of agency over somatosensory events. *Psychological Science, 28*(7), 882–893.

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature, 391*(6669), 756.

Caspar, E. A., Cleeremans, A., & Haggard, P. (2015). The relationship between human agency and embodiment. *Consciousness and Cognition, 33*, 226–236.

Chambon, V., & Haggard, P. (2012). Sense of control depends on fluency of action selection, not motor performance. *Cognition, 125*(3), 441–451.

Chambon, V., Wenke, D., Fleming, S. M., Prinz, W. & Haggard, P. (2013). An online neural substrate for sense of agency. *Cerebral Cortex, 23*(5), 1031–1037.

Champbell, J. (1999). Schizophrenia, the space of reasons, and thinking as a motor process. *The Monist, 84*(4),

609–625.

Christensen, J. F., Yoshie, M., Di Costa, S., & Haggard, P. (2016). Emotional valence, sense of agency and responsibility: A study using intentional binding. *Consciousness and Cognition, 43*, 1–10.

David, N., Newen, A., & Vogeley, K. (2008). The "sense of agency" and its underlying cognitive and neural mechanisms. *Consciousness and Cognition, 17*(2), 523–534.

Desantis, A., Roussel, C., & Waszak, F. (2011). On the influence of causal beliefs on the feeling of agency. *Consciousness and Cognition, 20*(4), 1211–1220.

Dewey, J. A., & Knoblich, G. (2014). Do implicit and explicit measures of the sense of agency measure the same thing? *PLoS One, 9*(10), e110118.

Dijksterhuis, A., Preston, J., Wegner, D. M., & Aarts, H. (2008). Effects of subliminal priming of self and God on self-attribution of authorship for events. *Journal of Experimental Social Psychology, 44*(1), 2–9.

Dimaggio, G., & Lysaker, P. H. (2015). Commentary: "personality and intentional binding: An exploratory study using the narcissistic personality inventory". *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 325.

Feinberg, I. (1978). Efference copy and corollary discharge: Implications for thinking and its disorders. *Schizophrenia Bulletin, 4*(4), 636–640.

Feinberg, T. E., Schindler, R. J., Flanagan, N. G., & Haber, L. D. (1992). Two alien hand syndromes. *Neurology, 42*(1), 19–24.

Frith, C. D. (1992). *The cognitive neuropsychology of schizophrenia*. East Sussex, England: Lawrence Erlbaum Associates.

Frith, C. D., Blakemore, S. J., & Wolpert, D. M. (2000). Abnormalities in the awareness and control of action. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences, 355*(1404), 1771–1788.

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(1), 14–21.

Gallagher, S. (2004). Neurocognitive models of schizophrenia: A neurophenomenological critique. *Psychopathology, 37*(1), 8–19.

Gallagher, S. (2012). Multiple aspects in the sense of agency. *New Ideas in Psychology, 30*(1), 15–31.

Gentsch, A., Weiss, C., Spengler, S., Synofzik, M., & Schütz-Bosbach, S. (2015). Doing good or bad: How interactions between action and emotion expectations shape the sense of agency. *Social Neuroscience, 10*(4), 418–430.

Graham-Schmidt, K. T., Martin-Iverson, M. T., Holmes, N. P., & Waters, F. A. V. (2016). When one's sense of agency goes wrong: Absent modulation of time perception by voluntary actions and reduction of perceived length of intervals in passivity symptoms in schizophrenia. *Consciousness and Cognition, 45*, 9–23.

Haggard, P. (2017). Sense of agency in the human brain. *Nature Reviews Neuroscience, 18*(4), 196–207.

Haggard, P., & Chambon, V. (2012). Sense of agency. *Current Biology, 22*(10), R390–R392.

Haggard, P., Clark, S., & Kalogeras, J. (2002). Voluntary action and conscious awareness. *Nature Neuroscience, 5*(4), 382–385.

Haggard, P., & Eimer, M. (1999). On the relation between brain potentials and the awareness of voluntary movements. *Experimental Brain Research, 126*(1), 128–133.

Hart, D., & Karmel, M. P. (1996). Self-awareness and self-knowledge in humans, apes, and monkeys. In A. E. Russon, K. A. Bard, S. T. Paker (Eds.), *Reaching into thought: The minds of the great apes* (pp. 325–347). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Hascalovitz, A., & Obhi, S. S. (2015). Personality and intentional binding: An exploratory study using the narcissistic personality inventory. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 13.

Hughes, G. (2015). ERP and behavioral evidence of increased sensory attenuation for fear-related action outcomes. *Biological Psychology, 111*, 8–13.

Hughes, G., Desantis, A., & Waszak, F. (2013). Mechanisms of intentional binding and sensory attenuation: The role of temporal prediction, temporal control, identity prediction, and motor prediction. *Psychological Bulletin, 139*(1), 133–151.

Hughes, G., & Waszak, F. (2011). ERP correlates of action effect prediction and visual sensory attenuation in voluntary action. *NeuroImage, 56*(3), 1632–1640.

Humphreys, G. R., & Buehner, M. J. (2009). Magnitude estimation reveals temporal binding at super-second intervals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 35*(5), 1542–1549.

James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York: Henry Holt and Company.

Karson, C. N. (1983). Spontaneous eye-blink rates and dopaminergic systems. *Brain, 106*(3), 643–653.

Kawabe, T. (2015). Delayed visual feedback of one's own action promotes sense of control for auditory events. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 9*, 57.

Kawabe, T., Roseboom, W., & Nishida, S. (2013). The sense of agency is action–effect causality perception based on cross-modal grouping. *Proceedings of the Royal Society B, 280*(1763), 20130991.

Lhermitte, F. (1983). "Utilization behaviour" and its relation to lesions of the frontal lobes. *Brain, 106*(2), 237–255.

Lhermitte, F. (1986). Human autonomy and the frontal lobes. Part II: Patient behavior in complex and social situations: The “environmental dependency syndrome”. *Annals of Neurology, 19*(4), 335–343.

Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., & Pearl, D. K. (1983). Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential): The unconscious initiation of a freely voluntary act. *Brain, 106*(3), 623–642.

Lindner, A., Thier, P., Kircher, T. T., Haarmeier, T., & Leube, D. T. (2005). Disorders of agency in schizophrenia correlate with an inability to compensate for the sensory consequences of actions. *Current Biology, 15*(12), 1119–1124.

Miyazaki, M., & Hiraki, K. (2006). Delayed intermodal contingency affects young children's recognition their current self. *Child Development, 77*(3), 736–750.

Miyazaki, M., Takahashi, H., Rolf, M., Okada, H., & Omori, T. (2014). The image-scratch paradigm: a new paradigm for evaluating infants' motivated gaze control. *Scientific Reports, 4*, 5498.

Moore, J. W. (2016). What is the sense of agency and why does it matter? *Frontiers in Psychology, 7*, 1272.

Moore, J. W., & Fletcher, P. C. (2012). Sense of agency in health and disease: A review of cue integration approaches. *Consciousness and Cognition, 21*(1), 59–68

Moore, J. W., & Haggard, P. (2008). Awareness of action: Inference and prediction. *Consciousness and Cognition, 17*(1), 136–144.

Moore, J. W., & Obhi, S. S. (2012). Intentional binding and the sense of agency: A review. *Consciousness and Cognition, 21*(1), 546–561.

Moore, J. W., Wegner, D. M., & Haggard, P. (2009). Modulating the sense of agency with external cues. *Consciousness and Cognition, 18*(4), 1056–1064.

Pacherie, E. (2006). Towards a dynamic theory of intentions. In S. Pockett, W. P. Banks & S. Gallagher (Eds.), *Does consciousness cause behavior? An investigation of the nature of volition* (pp. 145–167). Cambridge, England: MIT Press.

Pacherie, É. (2007). The sense of control and the sense of agency. *Psyche, 13*(1), 1–30.

Saito, N., Takahata, K., Murai, T., & Takahashi, H. (2015). Discrepancy between explicit judgement of agency and implicit feeling of agency: Implications for sense of agency and its disorders. *Consciousness and Cognition, 37*, 1–7.

Sato, A. (2008). Action observation modulates auditory perception of the consequence of others' actions. *Consciousness and Cognition, 17*(4), 1219–1227.

Sato, A., & Yasuda, A. (2005). Illusion of sense of self-agency: Discrepancy between the predicted and actual sensory consequences of actions modulates the sense of self-agency, but not the sense of self-ownership. *Cognition, 94*(3), 241–255.

Shoemaker, S. (1984). *Identity, cause, and mind: philosophical essays*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Sidarus, N., Chambon, V., & Haggard, P. (2013). Priming of actions increases sense of control over unexpected outcomes. *Consciousness and Cognition, 22*(4), 1403–1411.

Sidarus, N., & Haggard, P. (2016). Difficult action decisions reduce the sense of agency: A study using the Eriksen flanker task. *Acta Psychologica, 166*, 1–11.

Soon, C. S., Brass, M., Heinze, H. J., & Haynes, J. D. (2008). Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature Neuroscience, 11*(5), 543–545.

Sperduti, M., Delaveau, P., Fossati, P., & Nadel, J. (2011). Different brain structures related to self- and external-agency attribution: A brief review and meta-analysis. *Brain Structure and Function, 216*(2), 151–157.

Sperry, R. W. (1950). Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 43*(6), 482–489.

Stenner, M. P., Bauer, M., Sidarus, N., Heinze, H. J., Haggard, P., & Dolan, R. J. (2014). Subliminal action priming modulates the perceived intensity of sensory action consequences. *Cognition, 130*(2), 227–235.

Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008). Beyond the comparator model: A multifactorial two-step account of agency. *Consciousness and Cognition, 17*(1), 219–239.

Timm, J., Schonwiesner, M., Schröger, E., & SanMiguel, I. (2016). Sensory suppression of brain responses to self-generated sounds is observed with and without the perception of agency. *Cortex, 80*, 5–20.

van Beers, R. J., Wolpert, D. M., & Haggard, P. (2002). When feeling is more important than seeing in sensorimotor adaptation. *Current Biology, 12*(10), 834–837.

von Holst, E., & Mittelstaedt, H. (1950). Das reafferenzprinzip. *Naturwissenschaften, 37*(20), 464–476.

Voss, M., Moore, J., Hauser, M., Gallinat, J., Heinz, A., & Haggard, P. (2010). Altered awareness of action in schizophrenia: A specific deficit in predicting action consequences. *Brain, 133*(10), 3104–3112.

Wegner, D. M. (2003). The mind's best trick: How we experience conscious will. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(2), 65–69.

Wegner, D. M., Fuller, V. A., & Sparrow, B. (2003). Clever hands: Uncontrolled intelligence in facilitated communication. *Journal of Personality and Social Psychology, 85*(1), 5–19.

Wegner, D. M., Sparrow, B., & Winerman, L. (2004). Vicarious agency: Experiencing control over the movements of

others. *Journal of Personality and Social Psychology, 86*(4), 838–848.

Wegner, D. M., & Wheatley, T. (1999). Apparent mental causation: Sources of the experience of will. *American Psychologist, 54*(7), 480–492.

Weiss, C., Herwig, A., & Schütz-Bosbach, S. (2011). The self in action effects: Selective attenuation of self-generated sounds. *Cognition, 121*(2), 207–218.

Weiss, C., & Schütz-Bosbach, S. (2012). Vicarious action preparation does not result in sensory attenuation of auditory action effects. *Consciousness and Cognition, 21*(4), 1654–1661.

Wenke, D., Fleming, S. M., & Haggard, P. (2010). Subliminal priming of actions influences sense of control over effects of action. *Cognition, 115*(1), 26–38.

Wolpe, N., Haggard, P., Siebner, H. R., & Rowe, J. B. (2013). Cue integration and the perception of action in intentional binding. *Experimental Brain Research, 229*(3), 467–474.

Wolpert, D. M. (1997). Computational approaches to motor control. *Trends in Cognitive Sciences, 1*(6), 209–216.

Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. J. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science, 269*(5232), 1880–1882.

Yoshie, M., & Haggard, P. (2013). Negative emotional outcomes attenuate sense of agency over voluntary actions. *Current Biology, 23*(20), 2028–2032.

Zhou, A. B., Zhang, Y. C., Yin, Y. L., & Yang, Y. (2015). The mirrored hand illusion: I control, so I possess? *Perception, 44*(10), 1225–1230.

Zmyj, N., Daum, M. M., Aschersleben, G. (2009). The development of rational imitation in 9- and 12-month-old infants. *Infancy, 14*(1), 131–141.

Sense of agency in the minimal self

TIAN Haoyue; LI Lihong; XU Zhe; LI Fei; JIN Dan; AN Canling

(*School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China*)

Abstract: Sense of agency (SoA), an important part of minimal self, is the experience of influencing the outside world through controlling one's behavior. Many researchers divided SoA into two parts according to the level of consciousness: feeling of agency (FoA) and judgment of agency (JoA). Different implicit and explicit paradigms are used to investigate the mechanism and connection of these two parts. Among the three core theories in this domain (i.e. comparator model, theory of apparent mental causation, and integration theory), integration theory has been supported by more evidence in recent years. Furthermore, researchers have made significant progress in the areas of distorted SoA and factors which influence SoA. In future, researchers could focus more attention on the changes in SoA in the social environment, the development of SoA, the multimodal integration in SoA, the relationship between SoA and sense of ownership (SO), as well as the neural mechanisms of SoA.

Key words: sense of agency; sense of ownership; self; motor intention